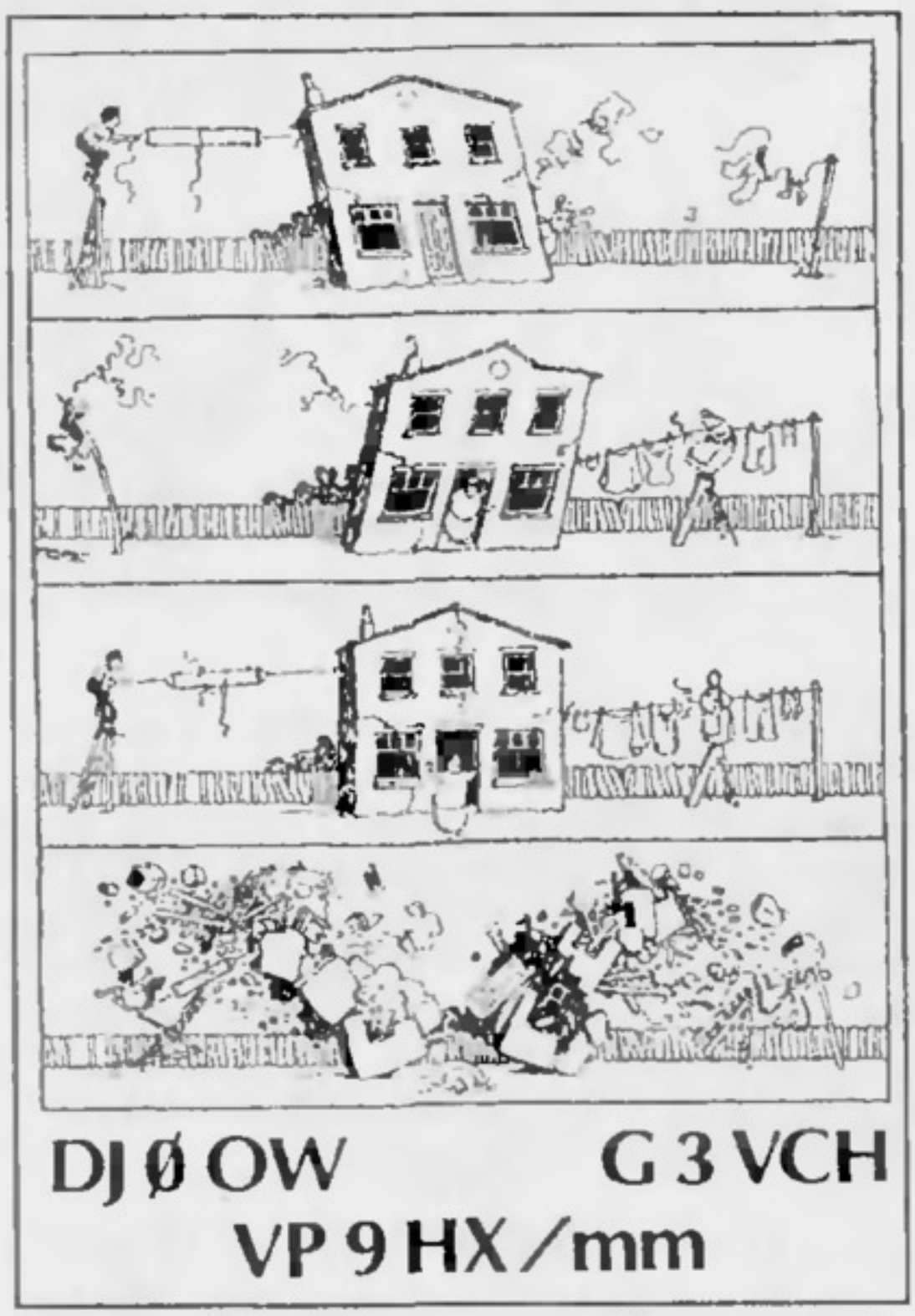
ДИПОЛЬ, WINDOM И ДРУГИЕ ...

Близится лето, и у коротковолновиков появляется возможность улучшить свое антенное хозяйство. В этом номере мы публикуем первую часть подборки материалов по антеннам, собранную из разных радиолюбительских изданий.

"Гнутый" диполь

Диполь — идеальная антенна (из числа простых) на низкочастотные диапазоны. Но далеко не у всех коротковолновиков есть место установить полноразмерную антенну, а устанавливать укороченную, содержащую катушки индуктивности, им не хочется. Одно из решений для ситуации, когда места не хватает только "чуть-чуть", известно давно — концы диполя оставить свисающими вниз (свободно или зафиксированными с помощью дополнительных растяжек). Эксперименты показывали, что такая антенна вполне работоспособна и неплохо согласуется с 50-омным или даже с 75-омным фидером. Однако точных данных по изменению характеристик "гнутого" диполя по отношению к обычному в радиолюбительской литературе не было.



Начиная "антенную эпопею", постарайтесь избежать ситуации, которую иллюстрирует эта QSL.

Американский коротковолновик K0NM опубликовал в журнале QST статью, в которой привел результаты расчетов характеристик "гнутого" диполя и результаты экспериментальной его проверки (Nizar Mullani. The Bent Dipole. — QST, 1997, May, p. 56—57). Он рассчитал на компьютере, используя моделирующие программы AO и NEC-2, зависимости усиления антенны в направлении максимума излучения и входного сопротивления антенны от коэффициента укорочения диполя. Коэффициент укорочения N определен как отношение изогнутой части излучателя к его полной длине (рис. 1): N=A/(A+B). При этом A+B=λ/4.

На рис. 2 приведена зависимость усиления диполя K в направлении максимума излучения от коэффициента укорочения антенны N. Первый удивительный результат расчета K0NM — при коэффициентах укорочения до 0,5 (т.е. до момента, когда уже примерно полдиполя свисает вниз) усиление антенны падает незначительно. Так, если горизонтальная часть антенны уменьшается вдвое по сравнению с полноразмерным диполем, то усиление падает всего 0,6 дБ. Эти данные получены для высоты подвеса антенны над землей, составляющей половину длины волны. В исходной статье нет пояснения, что обозначают абсолютные значения коэффициента усиления K (что принято за 0 дБ), но это и неважно, поскольку для сравнения вариантов антенны существенны лишь относительные изменения.

На рис. 3 приведена зависимость входного сопротивления антенны R от коэффициента ее укорочения N. И опять оказывается, что при укорочении антенны почти вдвое (если быть точным — до коэффициента 0,4), входное сопротивление падает до следующего (за 75 Ом) удобного для питания антенны значения 50 Ом.

При коэффициентах укорочения антенны до значения 0,5 диаграмма направлен-

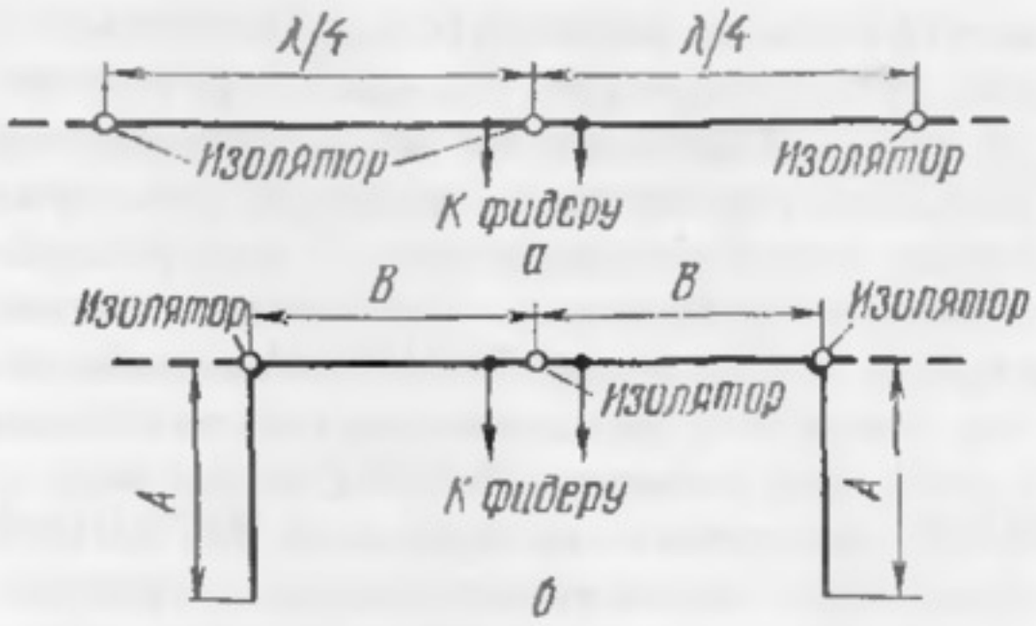


Рис. 1

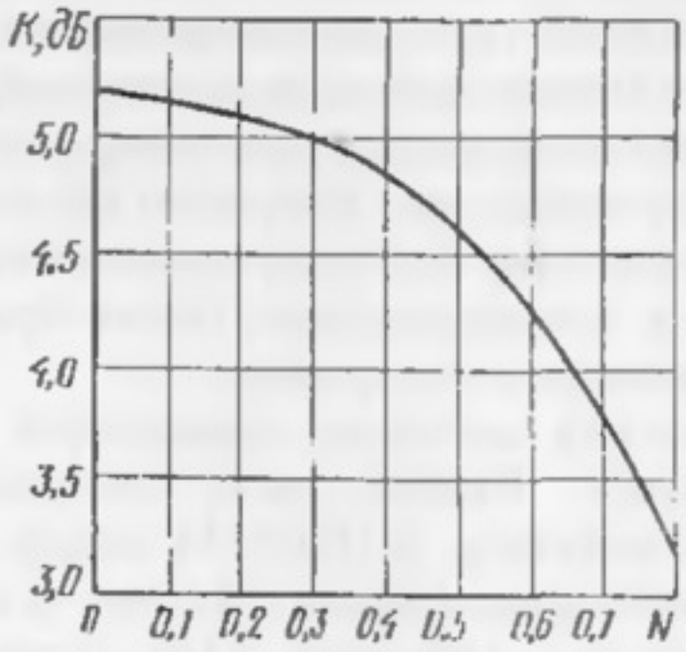


Рис. 2

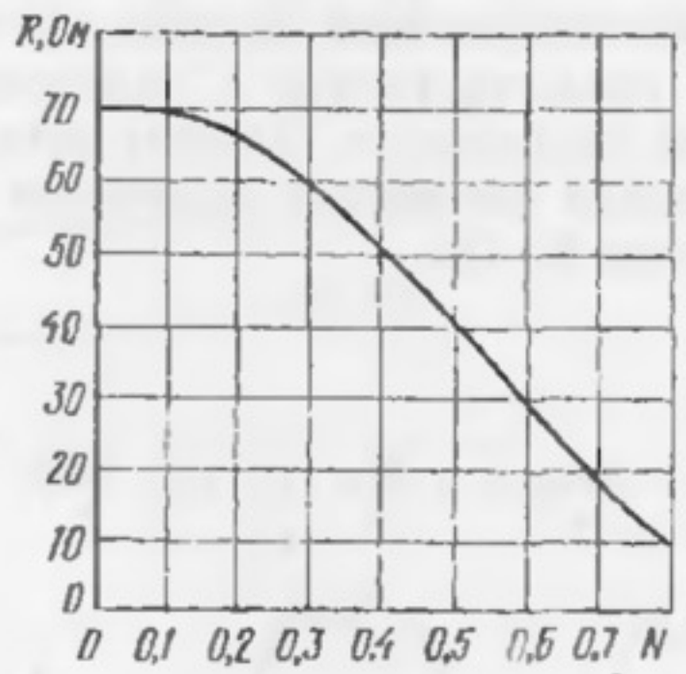


Рис. 3

пости антенны изменяется незначительно: уменьшается. как отмечалось выше, усиление антенны — примерно на 0,6 дБ, но несколько расширяются лепестки "восьмерки" (уменьшаются провалы в диаграмме в направлениях вдоль оси антенны). Последнее можно отнести даже к достоинствам "гнутого" диполя — он становится более всенаправленным.

Вроде бы все здорово, но бесплатно ничего не дается. Поскольку часть "гнутого" диполя будет ближе к земле чем у обычного, то начинается больше сказываться ее влияние на общий коэффициент полезного действия антенны. Выручает, правда, то, что токи в концевых частях антенны близки к нулю, а части антенны, в которой протекают основные токи, находится на максимальном удалении от земли. Иными словами, этот отрицательный эффект выражен не очень сильно, но это все справедливо, если высота установки горизонтальной части антенны над землей будет не меньше четверти длины волны. По информации автора несколько уменьшается и полоса пропускания антенны (полоса частот в которой КСВ не превышает 2), но конкретных данных он не приводит.

K0NM провел проверку этих расчетов, изготовив "гнутый" диполь на диапазон 20 метров с коэффициентом укорочения около 0,5. Конструкция антенны позволяла изменять его в некоторых пределах, и это было использовано для согласования антенны с 50-омным фидером. При регулировке был получен КСВ=1 на частоте 14100 кГц. "Гнутый" диполь (с горизонтальной частью всего около 5 метров !) сравнивался с одноднапазонным GP на этот же диапазон. В направлениях максимума излучения "гнутый" диполь по оценкам корреспондентов превосходил GP примерно на один балл по шкале S. В направлениях минимума излучения диполя (вдоль его оси) его сигнал был слабее примерно на два балла по шкале S, что нормально (минимумы излучения в этих направлениях есть и у полноразмерного диполя).

Завершает статью предложение автора читателям поэкспериментировать с "гнутым" волновым каналом. Почему бы и нет?

WINDOM

Эту антенну предложил на заре радиолюбительства американский коротковол-

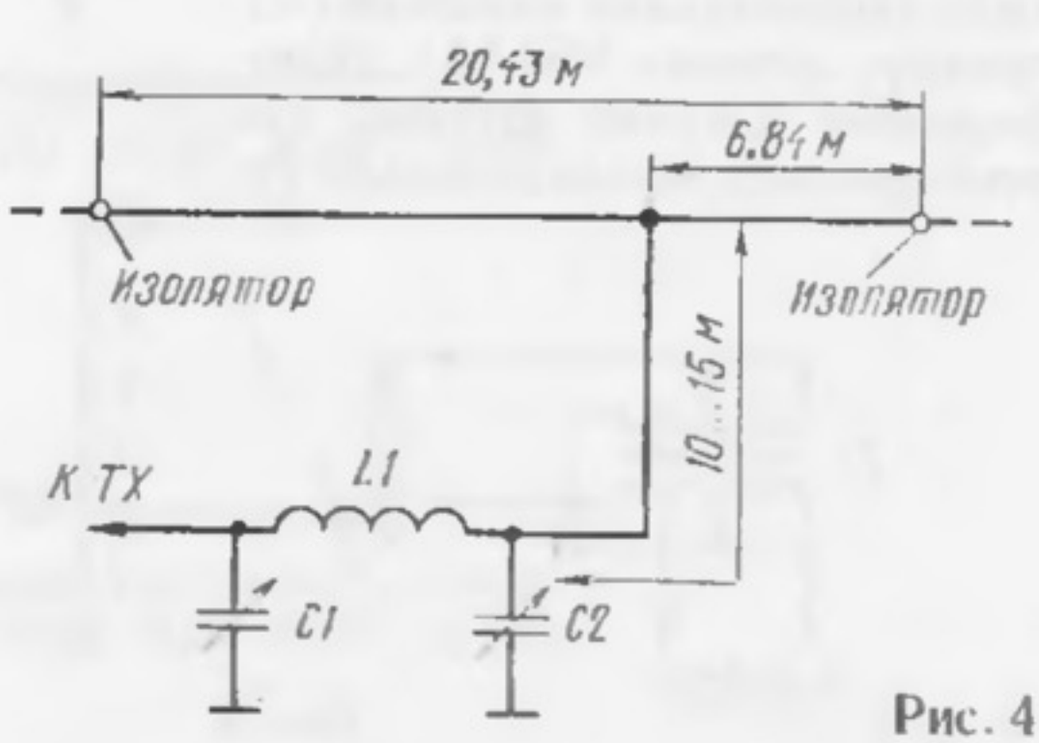


Рис. 4

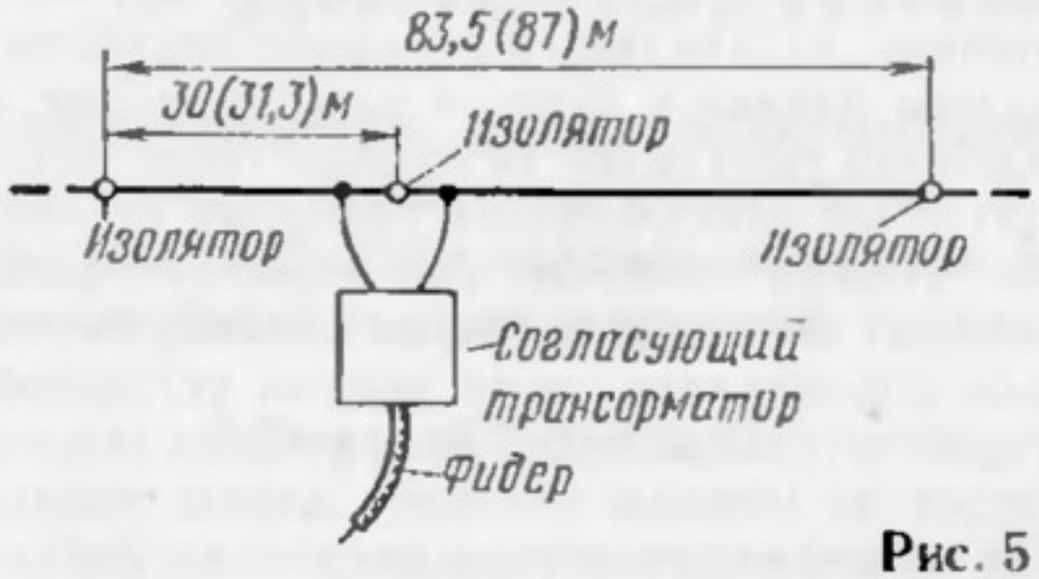


Рис. 5

новик Loren Windom (W8GZ), когда полуволновый диполь был наиболее распространенной антенной, а коаксиальный кабель был в любительских кругах редкостью. Идея антенны предельно проста. Если точку питания полуволнового диполя сдвинуть краю (примерно до значения 0,18λ от конца полотна антенны), то входное сопротивление в этой точке будет составлять примерно 300 Ом. Это позволяет запитывать ее однопроводным фидером (рис. 4). В радиолюбительских кругах эту антенну стали называть WINDOM (по фамилии предложившего ее коротковолновика) или OFF-CENTER FEED ANTENNA (антенна, запитываемая не в центре). В Советском Союзе за ней утвердилось и в послевоенные годы широко применялось также название "американка".

Быстро выяснилось, что WINDOM неплохо работает на нескольких диапазонах, если выбрать определенным образом ее длину и точку питания. Вариантов выбора этих двух параметров WINDOM в радиолюбительской литературе тех лет было опубликовано множество, хотя принципиальных различий между ним нет. Некоторые из них — наиболее удачные даже получили персональные названия (например, антенна VS1AA). Однофидерное питание антенны при всей простоте имело довольно существенный недостаток. Требовалось обеспечить хорошую "землю" (противовесы и т.п.). Иначе реальной становилась и в большинстве случаев присутствовала проблема помех телевидению. С распространением в любительской практике коаксиальных кабелей про WINDOM позабыли, так появились многодиапазонные антенны с питанием кабелем (W3DZZ и другие).

Возрождение интереса к WINDOM произошло после появления качественных широкополосных трансформаторов, в частности, на ферритовых кольцевых магнитопроводах. Действительно, подав питание на WINDOM по коаксиальному кабелю и включив между кабелем и антенной трансформатор с определенным коэффициентом трансформации, мы получаем многодиапазонную антенну без сосредоточенных элементов и, следовательно, более простую в изготовлении и настройке.

Простота антенны привлекла радиолюбителей. Более того, современную версию антенны WINDOM стали выпускать некоторые фирмы. На рис. 5 показаны размеры антенны FD4 германской фирмы Fritzel. Цифры, приведенные в скобках, соответствуют варианту антенны, обеспечивающей лучшее согласование на низкочастотных ("телеграфных") участках диапазонов. Питают антенну коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом.

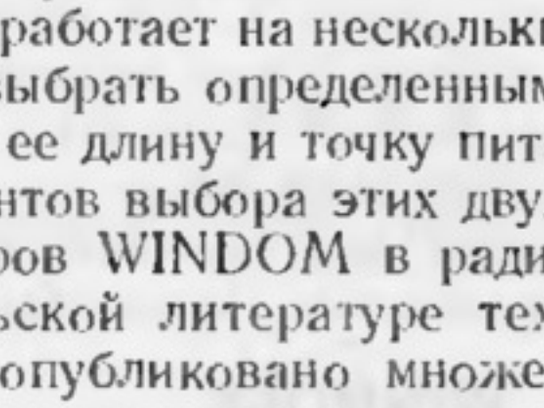
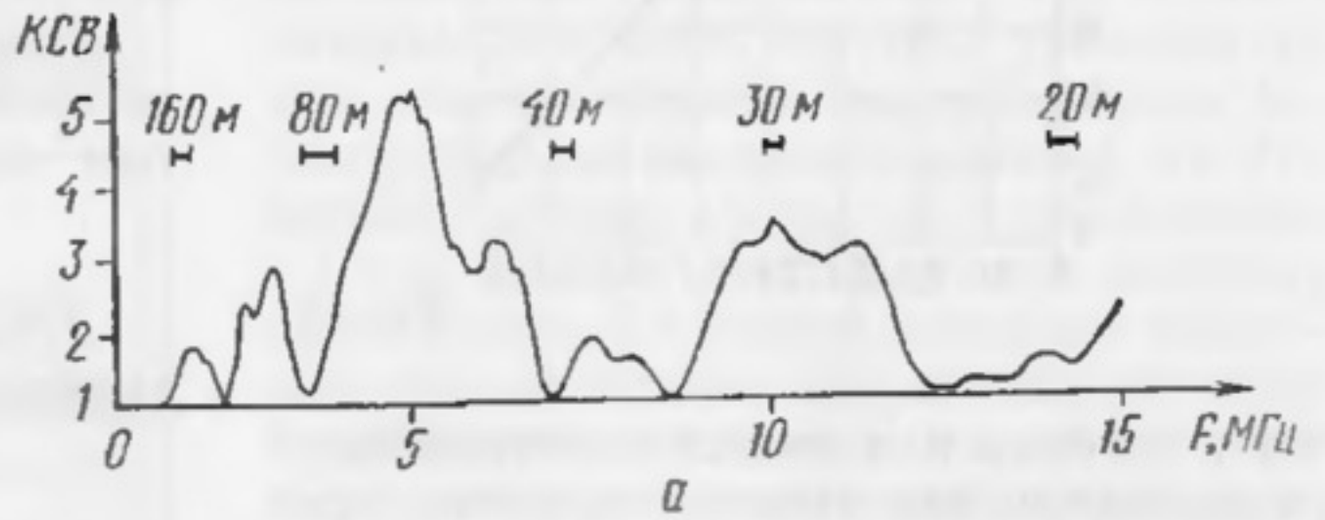


Рис. 6



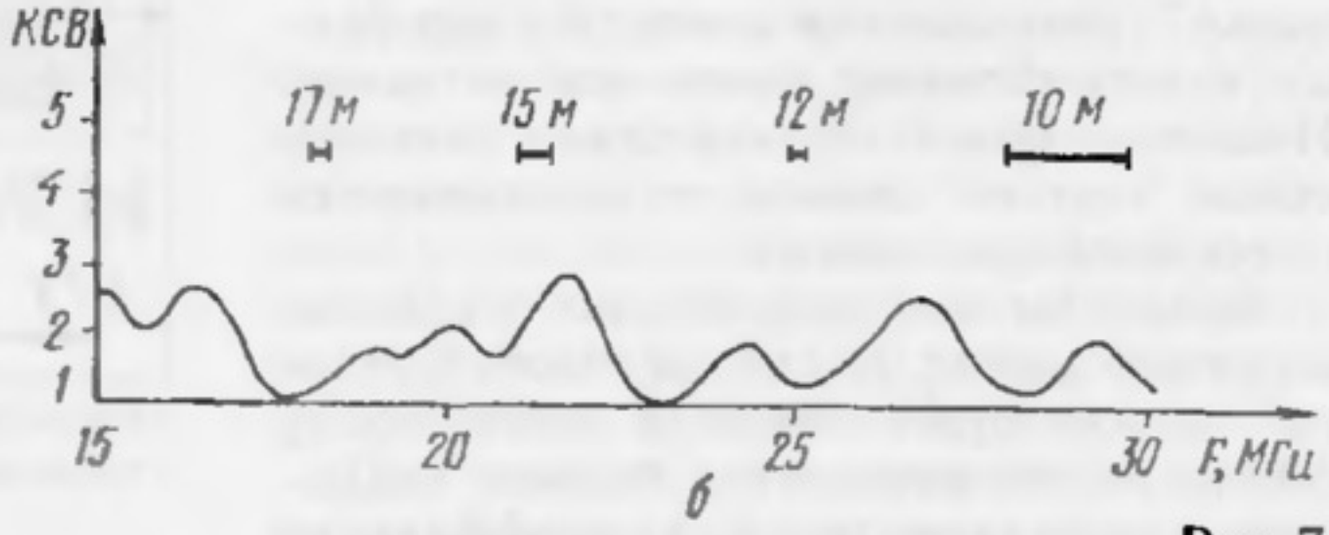


Рис. 7

Согласующий трансформатор (он же выполняет функции симметрирования — BALUN) имеет коэффициент трансформации 1:6, что обеспечивает хорошее согласование с входным сопротивлением антенны, которое, как отмечалось выше, близко на любительских диапазонах к 300 Ом. Надо отметить, что трансформатор с таким коэффициентом трансформации не очень удобен с конструктивной точки зрения — требует использовать обмотку с отводом (рис. 6). Коэффициент трансформации в общем случае для этого варианта трансформатора определяется по формуле: $Z1/Z2=4K^2$, где Z1 — сопротивление со стороны фидера, Z2 — сопротивление со стороны антенны, K — отношение числа витков первичной обмотки трансформатора к числу витков этой обмотки до отвода, считая от левого (по

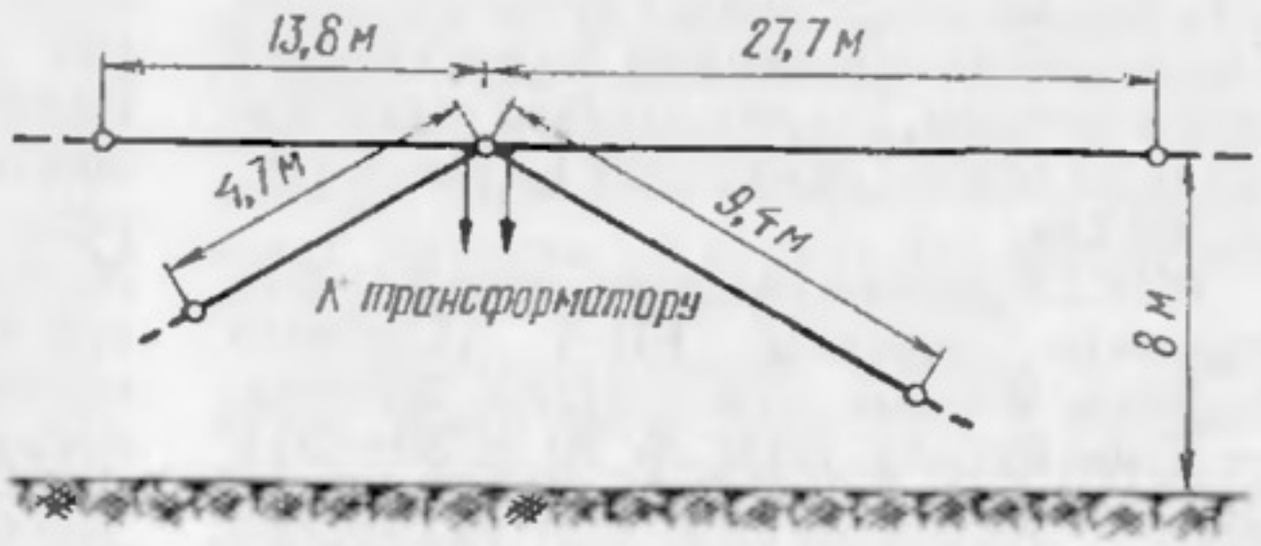


Рис. 8

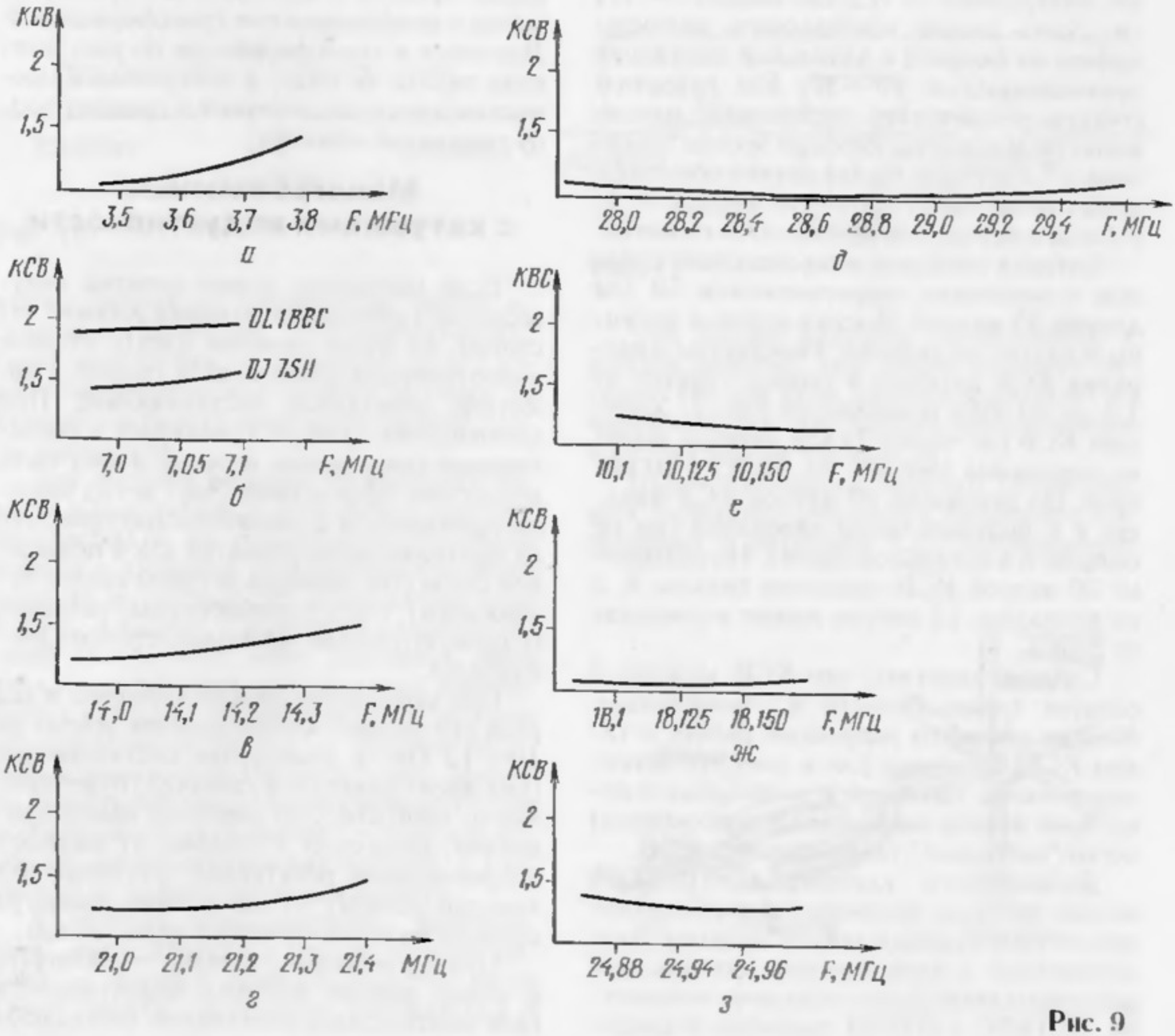


Рис. 9

рис. 6) края обмотки. На практике получить точный коэффициент трансформации 6 практически невозможно, но и в этом нет необходимости, так как входное сопротивление на разных диапазонах не равно точно 300 Ом.

IK6CLX провел проверку самодельного варианта антенны FD-4 (Umberto Angelini. Windom: una "strana" antenna. — Radio Revista, 1990, № 10, p. 30—31). Он использовал трансформатор, каждая обмотка которого содержала по 10 витков провода диаметром 2,5 мм (намотка бифилярная) на кольцевом магнитопроводе Т-200/2. Отвод был сделан от 8-го витка. Оплетку кабеля присоединяют к левому по рис. 6 концу первичной обмотки, а центральный проводник — к отводу. Указанный магнитопровод — из карбонильного железа с начальной магнитной проницаемостью 10. Он имеет внешний диаметр 5,2 см, внутренний — 3,2 см, высоту — 1,4 см. Здесь можно использовать магнитопровод из феррита с начальной магнитной проницаемостью 20—30. Его габариты (точнее — сечение) определяют максимальную мощность, которую можно "закачивать" в антенну. Число витков обмоток в этом случае может быть чуть меньше — 8, а отвод в первичной делают от 6-го витка.

Антенна питалась коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом длиной 35 метров. Высота подвеса антенны в статье не указана. Результаты измерения КСВ антенны в полосе частот от 1,5 до 30 МГц показана на рис. 7. Хороший КСВ (не более 2) эта антенна имеет на диапазонах 160, 40, 20, 17, 12 и 10 метров. На диапазоне 80 метров КСВ меньше 2 в большей части диапазона (но не больше 3 в остальной части). На диапазоне 30 метров КСВ немногим больше 3, а на диапазоне 15 метров лежит в пределах от 2 до 3.

Следует заметить, что КСВ меньше 3 следует также отнести к приемлемым. Многие аппараты допускают работу с таким КСВ, не говоря уже о том, что антенные блоки (в том числе и встроенные в некоторые модели современных трансиверов) легко "выбирают" такие значения КСВ.

Дальнейшего улучшения WINDOM можно добиться включением параллельно двух антенн с разной длиной полотен. Экспериментов с этой версией антенны радиолюбителями было проведено множество. DL1BBC и DJ7SH подробно исследовали вариант, конструкция которой показана на рис. 8 (Hubert Scholle, Rolf Sreins. Ein Doppel-Windom-Antenne fur acht Bander, CQ-DL, 1983, № 9, S. 427). Большее по длине полотно было подвешено горизонтально на высоте над землей 8 м. Меньшее по длине — наклонно с углом при вершине около 100°. Результаты измерений КСВ двух экземпляров антенны показаны на рис. 9. Они совпадают для всех диапазонов, кроме 40 метров. Но и на нем для обоих экземпляров антенн КСВ меньше 2. Данные для других диапазонов комментариев не требуют.

Питают эту антенну также коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом через трансформатор с коэффициентом трансформации 6. Следует заметить, что для более распространенных в нашей стране коаксиальных кабелей с волновым сопротивлением 75 Ом нужен более простой в изготовлении трансформатор с коэффициентом трансформации 4. Для этого в трансформаторе по рис. 6 отвода делать не надо, а центральный проводник просто подключают к правому концу первичной обмотки.

Малогабаритные с катушками индуктивности

Если уменьшать длину полотна полуволнового диполя (не изменяя рабочей частоты), то будет заметно падать входное сопротивление излучателя и появится заметная реактивная составляющая. При компенсации этой составляющей и согласовании укороченная антенна может быть достаточно эффективна. Этот метод широко применяется в любительской практике на протяжении десятилетий как в подвижной связи (где размеры антенны крайне ограничены), так и в стационарных условиях (в первую очередь, на низкочастотных диапазонах).

При укорочении диполя примерно в два раза его входное сопротивление упадет до 10—12 Ом, а реактивная составляющая (она имеет емкостной характер) будет примерно 1000 Ом. Это значение ориентировочное, поскольку в отличие от входного сопротивления реактивная составляющая заметно зависит от отношения диаметра провода полотна антенны к длине волны.

Первое решение очевидно — включить в центр диполя катушку индуктивности (для компенсации реактивной составляю-